



DEUTSCHES
PATENTAMT

21 Aktenzeichen: P 34 35 181.7
22 Anmeldetag: 25. 9. 84
43 Offenlegungstag: 1. 8. 85

DE 3435181 A1

30 Unionspriorität: 32 33 31
26.01.84 JP 11035/84

71 Anmelder:
G-C Dental Industrial Corp., Tokio/Tokyo, JP

74 Vertreter:
Daufel, P., Dipl.-Chem.Dipl.-Wirtsch.-Ing.Dr.rer.nat;
Schön, A., Dipl.-Chem. Dr.rer.nat.; Hertel, W.,
Dipl.-Phys.; Lewald, D., Dipl.-Ing.; Otto, D., Dipl.-Ing.
Dr.-Ing., Pat.-Anw., 8000 München

72 Erfinder:
Ohno, Koji, Tokio/Tokyo, JP; Ohi, Nobukazu, Fuchu,
Tokio/Tokyo, JP; Hayashi, Syohei, Tokio/Tokyo, JP

64 Verfahren zur Verfestigung von Porzellan-Zähnen

Ein Verfahren zur Verfestigung von Porzellan-Zähnen, das darin besteht, eines oder mehrere anorganische Salze der Metalle Rubidium, Cäsium und/oder Kalium auf der Oberfläche eines Porzellan-Zahns abzuscheiden, der durch Sintern eines Dentalporzellanmaterials mit Feldspat als Hauptrohmaterial und Natrium erhalten ist, und den Porzellan-Zahn bei Temperaturen von 380°C oder höher, jedoch unter dem Schmelzpunkt des anorganischen Salzes und der Verformungstemperatur des Porzellan-Zahns, wärmezubehandeln. Gemäß dem Verfahren der Erfindung kann der Porzellan-Zahn gut verfestigt werden, während die durchscheinenden Eigenschaften und der Farbton wie bei dem natürlichen Zahn beibehalten bleiben, ohne daß irgendeine besondere Vorrichtung angewandt wird.

DE 3435181 A1

Dr. W. Müller-Boré †

Dr. Paul Deufel

Dipl.-Chem., Dipl.-Wirtsch.-Ing.

Dr. Alfred Schön

Dipl.-Chem.

Werner Hertel

Dipl.-Phys.

Dietrich Lewald

Dipl.-Ing.

Dr.-Ing. Dieter Otto

Dipl.-Ing.

Brit. Chartered Patent Agent

B. David P. Wetters

M. A. (Oxon) Ch. Chem. M. R. S. C.

D/t1 - G 3377

25. Sep. 1984

G-C DENTAL INDUSTRIAL CORP.
Tokio, Japan

Verfahren zur Verfestigung von Porzellan-Zähnen

Patentansprüche

1. Verfahren zur Verfestigung von Porzellan-Zähnen, dadurch gekennzeichnet, daß man eines oder mehrere anorganische Salze der Metalle Rubidium, Cäsium und/oder Kalium auf der Oberfläche eines Porzellan-Zahns abscheidet, der durch Sintern eines Dentalporzellanmaterials erhalten ist, das Feldspat als hauptsächliches Rohmaterial und Natrium enthält, und den Porzellan-Zahn bei Temperaturen von 380 °C oder höher, jedoch

- 1 unter dem Schmelzpunkt dieses anorganischen Salzes und
der Verformungstemperatur dieses Porzellan-Zahnes er-
hitzt.
- 5 2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß
der Porzellan-Zahn einen thermischen Expansionskoeffi-
zienten von $15 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ oder weniger aufweist.
- 10 3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeich-
net, daß der Porzellan-Zahn, auf dem das anorganische
Metallsalz abgeschieden wurde, 5 bis 60 Minuten lang
behandelt wird.
- 15 4. Verfestigte Porzellan-Zähne, dadurch gekennzeichnet,
daß sie herstellbar sind, indem man eines oder mehrere
anorganische Salze der Metalle Rubidium, Cäsium und/oder
Kalium auf der Oberfläche eines Porzellan-Zahns ab-
scheidet, der durch Sintern eines Dentalporzellan-
materials erhalten ist, das Feldspat als hauptsächliches
20 Rohmaterial und Natrium enthält, und den Porzellan-
Zahn bei Temperaturen von 380°C oder höher, jedoch
unter dem Schmelzpunkt dieses anorganischen Salzes
und der Verformungstemperatur dieses Porzellan-Zahnes
erhitzt.

25

30

35

1 Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Verfestigung von Porzellan-Zähnen, wie sie als Zahnersatz angewandt werden.

5

In der Zahntechnik werden verschiedene Dentalmaterialien für Zahnersatz und konservierende Zwecke zur Wiederherstellung von Schäden nach der medizinischen Behandlung eines Naturzahnes auf Karies und dergleichen angewandt. Darunter

10

werden auch Porzellan-Zähne benutzt, die durch Sintern eines hochschmelzenden Dentalporzellanmaterials erhalten sind, das als Hauptrohmaterial aus Feldspat bei 1200 °C bis 1300 °C erhalten ist (im folgenden einfach "Dentalporzellanmaterial" genannt). Ein solcher Zahn ist nicht

15

nur chemisch stabil, sondern hat auch durchscheinende Eigenschaften und einen Farbton, der gut zu natürlichen Zähnen paßt und wurde daher bisher in weitem Umfang benutzt.

20

Wenn jedoch ein solcher Porzellan-Zahn im Mund eingesetzt und befestigt ist und äußeren Kräften ausgesetzt wird, beispielsweise beim Kauen, bricht er oft. Um dieses Problem zu lösen, wurden verschiedene Versuche unternommen,

25

die Festigkeit des Porzellan-Zahnes zu erhöhen, jedoch wurden keine zufriedenstellende Ergebnisse erzielt. Ein Versuch zum Beispiel zur Erzielung eines Porzellan-Zahnes besteht darin, Kristalle von hochreinem Aluminiumoxid zum Dentalporzellanmaterial zuzusetzen und dann zu brennen,

30

was jedoch die folgenden Probleme ergibt: Um dem Porzellan-Zahn die gleiche Farbtönung zu verleihen wie einem natürlichen Zahn, muß der Porzellan-Zahn hergestellt werden, indem verschiedene Porzellanmaterialien mit unterschiedlichen Färbungen in einer mehrschichtigen Form gebrannt werden. In diesem Falle gehen, wenn das kristal-

35

line Aluminiumoxid in der äußeren Schicht vorliegt, die Merkmale des Durchscheinens und die Farbtönung wie bei einem Naturzahn verloren. Es ist aber trotzdem erwünscht, gerade die äußere Schicht zu verstärken, da sie direkt einer

1 äußeren Kraft ausgesetzt ist, jedoch können die Aluminium-
oxidkristalle in keiner anderen Schicht als der Innen-
schicht vorhanden sein. Ein solcher Porzellan-Zahn, in
welchem Aluminiumoxidkristalle nur in der inneren Schicht
5 vorhanden sind, ist in der Festigkeit etwas verbessert,
was jedoch noch nicht zufriedenstellend ist. Unter Berücksichtigung dieser Schwierigkeiten wurde versucht, ein
Verfahren zur gründlichen Verfestigung des Porzellan-Zahnes
zu entwickeln, wobei das Durchscheinungsvermögen und der
10 Farbton wie bei einem natürlichen Zahn beibehalten bleiben,
wie dies auf dem Gebiet des Zahnersatzes und der Zahn-
konservierung gefordert wird.

Es wurde nun gefunden, daß dann, wenn man nach dem Brennen
15 eines Porzellan-Zahnes darauf ein besonderes anorganisches
Metallsalz abscheidet und dann bei einer besonderen Temperatur erhitzt, der Porzellan-Zahn gründlich im nicht
geschmolzenen Zustand des anorganischen Salzes verfestigt
werden kann.

20 Ziel der Erfindung ist ein Verfahren zur Verfestigung von
Porzellan-Zähnen das es gestattet, leicht einen Porzellan-
Zahn nach dem Brennen zu verfestigen, während das Durch-
scheinungsvermögen und der Farbton wie bei einem Naturzahn
25 aufrechterhalten bleibt, ohne besondere Vorrichtungen
benutzen zu müssen.

Die Erfindung betrifft demnach ein Verfahren zur Verfesti-
gung von Porzellan-Zähnen, das darin besteht,
30 eines oder mehrere anorganische Salze der Metalle
Rubidium, Cäsium und/oder Kalium auf der Oberfläche eines
Porzellan-Zahnes abzuscheiden, der durch Brennen eines
Dentalporzellanmaterials erhalten ist, das Feldspat als
Hauptrohmaterial und Natrium enthält, und den Porzellan-
35 Zahn bei Temperaturen von 380 °C oder höher, jedoch unter
dem Schmelzpunkt des anorganischen Salzes und der Verformungstemperatur des Porzellan-Zahnes, wärmezubehandeln.

- 1 Ein Porzellan-Zahn, auf den das Verfahren der Erfindung
angewandt werden kann, ist ein allgemein und in weitem
Umfang benutzter Porzellan-Zahn, der durch Sintern eines
Dentalporzellanmaterials erhältlich ist, das Feldspat als
5 Hauptrohmaterial und Natrium enthält und bei 1200 °C bis
1300 °C gebrannt wird. Ein allgemeines Verfahren für die
Herstellung des Porzellan-Zahnes wird später erläutert.
Das Dentalporzellanmaterial umfaßt als Rohmaterial Feld-
spat-Quarz oder Feldspat-Quarz-Kaolin und wird erzeugt
10 durch Sintern des Rohmaterials bei etwa 1300 °C und dann
Abkühlen zur Verfestigung und nachfolgendem Mahlen. Als
Feldspat, der als Hauptkomponente benutzt wird, wird vor-
zugsweise Kalifeldspat benutzt, da dies dem erhaltenen
Porzellan-Zahn den gewünschten Glanz verleiht. Kalifeldspat
15 kann durch die chemische Formel $K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$ dargestellt
werden und stellt hauptsächlich den glasigen Teil des Por-
zellan-Zahnes dar. Der Quarz besteht hauptsächlich aus
Siliziumdioxid und hat den hohen Schmelzpunkt von 1800 °C
und wird deshalb zur Verbesserung der Festigkeit benutzt.
20 Das Kaolin ist ein Mineral, das als Hauptkomponenten Alu-
miniumoxid und Siliziumdioxid aufweist, und wird zur Er-
höhung der Dimensionsstabilität während des Brennens
benutzt. Um die Brenntemperatur herabzusetzen, wird Na_2O
zugesetzt. Im allgemeinen ist Na_2O als Verunreinigung im
25 Feldspat vorhanden und daher kann Dentalporzellanmaterial,
selbst wenn kein Na_2O zugesetzt wurde, dieses enthalten.
Das so gebildete Dentalporzellanmaterial wird in eine
Form gefüllt und zu verschiedenen Formen geformt, um einen
Naturzahn nachzubilden. Danach wird das geformte Porzel-
30 lanmaterial aus der Form genommen und bei der oben beschrie-
benen Temperatur gebrannt. Nach dem Brennen ergibt sich
ein Porzellan-Zahn mit einer Struktur, worin Kristalle
von α -Quarz in seinem glasigen Teil vorliegen. Ein Porzel-
lan-Zahn wird sich beim Erhitzen oder Abkühlen im all-
gemeinen ausdehnen bzw. schrumpfen. Wenn er einer raschen
35 Erhitzung unterworfen oder abgeschreckt wird, ergibt dies
im allgemeinen eine Differenz im Ausmaß der Expansion oder
der Schrumpfung aufgrund der Temperaturdifferenz

1 zwischen dem Oberflächenteil und dem inneren Teil des Zah-
nes. Auf diese Weise wird eine Spannung erzeugt, was zum
Auftreten feiner Risse oder selbst zum Bruch führen kann.
Demgemäß soll der Porzellan-Zahn vorzugsweise einen ther-
5 mischen Ausdehnungskoeffizienten von $15 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ oder
weniger haben.

Der so durch Sinterung des Dentalporzellanmaterials erhal-
tene Porzellan-Zahn mit Feldspat als Rohmaterial sowie
10 Natrium wird gemäß dem Verfahren der Erfindung in folgen-
der Weise verfestigt. (Das Verfahren der Erfindung wird
im folgenden als "Verfestigungsbehandlung" bezeichnet.)
Eines oder mehrere anorganische Salze der Metalle
Rubidium, Cäsium und Kalium (das anorganische Salz kann
15 im folgenden als "verfestigendes anorganisches Metallsalz"
bezeichnet werden), wird auf der Oberfläche des Porzellan-
Zahnes abgeschieden und der erhaltene Porzellan-Zahn wird
bei Temperaturen von 380°C oder höher, jedoch unter dem
Schmelzpunkt des anorganischen Salzes und der Verformungs-
20 temperatur des Porzellan-Zahnes (einer Temperatur, bei
welcher die Viskosität $10^{14,5}$ Poise beträgt), hitzebehan-
delt. Durch diese Hitzebehandlung erfolgt ein Ionenaus-
tausch zwischen dem Natriumion im Porzellan-Zahn und dem
Rubidium-, Cäsium- oder Kaliumion in dem verfestigenden
25 anorganischen Metallsalz, das darauf abgeschieden ist. Die
Größe des Natriumions beträgt $1,9 \text{ \AA}$, während die Größe des
Kaliumions, Rubidiumions und Cäsiumions $2,66 \text{ \AA}$, $2,96 \text{ \AA}$
bzw. $3,38 \text{ \AA}$ beträgt, die letzteren Werte also größer sind
als die Größe des Natriumions. Somit wird eine Spannung
30 auf der Oberfläche des Porzellan-Zahnes durch das Auftre-
ten von Ionenaustausch erzeugt und die so erzeugte Span-
nung bleibt als Druckspannung erhalten, selbst nach dem
Abkühlen des Porzellan-Zahnes, wodurch der Porzellan-Zahn
verfestigt wird. Obwohl auch etwas Lithiumion dem Ionen-
35 austausch mit dem Natriumion unterliegt, kann dieses,
da seine Größe $1,2 \text{ \AA}$ beträgt, und es somit kleiner ist
als das Natriumion, keine Druckspannungen erzeugen. Dem-
gemäß ist Lithium in der-Erfindung nicht anwendbar.

1 Nach dem Verfahren der Erfindung wird die Wärmebehandlung
bei der Abscheidung eines verfestigenden anorganischen
Metallsalzes, das ein Ion enthält, das eine solche Härtungs-
wirkung auf die Oberfläche eines Porzellan-Zahnes hat, bei
5 einer Temperatur von 380 °C oder höher durchgeführt, wo-
durch ein gründlicher Ionenaustausch durch die Wärmebehand-
lung bei einer Temperatur erzielt werden kann, die tiefer
ist als der Schmelzpunkt des verfestigenden anorganischen
Metallsalzes, das heißt, im nicht geschmolzenen Zustand
10 desselben. Beim Verfahren der Erfindung ist eine organi-
sche Verbindung nicht als Verbindung mit einem Ion mit
Verfestigungseffekt anwendbar, da es sich bei Temperatu-
ren von 380 °C oder höher wahrscheinlich zersetzt.

15 Demgemäß ist das verfestigende anorganische Metallsalz,
das im Verfahren der Erfindung verwendet werden kann, ein
anorganisches Salz von Rubidium, Cäsium oder Kalium mit
einem Schmelzpunkt von 380 °C oder höher. Zu besonderen
Beispielen gehören Rubidiumcarbonat (F. = 837 °C), Rubi-
20 diumchlorid (F. = 717 °C), Cäsiumchlorid (F. = 645 °C),
Kaliumcarbonat (F. = 891 °C) und Kaliumchlorid (F. = 776 °C).
Weiterhin können auch Rubidiumsulfat (F. = 1060 °C),
Cäsiumsulfat (F. = 1010 °C), Kaliumsulfat (F. = 1069 °C),
Kalium-tert.-phosphat (F. = 1340 °C) und Kaliumpyrophosphat
25 (F. = 1100 °C) zum Beispiel verwendet werden. Das verfesti-
gende anorganische Metallsalz, das im Verfahren der Erfin-
dung verwendet werden kann, ist jedoch nicht auf diese bei-
spielsweise aufgeführten anorganischen Salze beschränkt.
Das verfestigende anorganische Metallsalz kann entweder
30 allein oder in Mischung von zwei oder mehr davon verwen-
det werden.

Bei der Abscheidung des verfestigenden anorganischen Metall-
salzes auf dem Porzellan-Zahn wird das verfestigende an-
35 organische Metallsalz in einer Abscheidungsflüssigkeit,
wie Wasser oder einem Öl, gelöst oder dispergiert, wozu
eine kleine Menge eines organischen Binders gewünschten-
falls als Hilfsmittel für die Begünstigung der Abscheidung

1 zugesetzt wird, um eine Lösung oder Aufschlämmung herzu-
stellen (zum Beispiel 90 g Kalium-tert.-phosphat werden
in 100 ml Wasser gelöst und weiter wird 1 g Gummi arabicum
dazugefügt), die Lösung oder Aufschlämmung wird auf den
5 Porzellan-Zahn aufgesprüht oder aufgestrichen und zwar in
einer Trockendicke von 2 bis 5 mm, und der erhaltene
Porzellan-Zahn wird zum Trocknen vorerwärmt, so daß die
abgeschiedene Flüssigkeit kein rasches Kochen usw. während
der Wärmebehandlung zur Verfestigung hervorruft. Im Ver-
10 fahren der Erfindung stellt die Verwendung einer solchen
Abscheidungsflüssigkeit und einer kleinen Menge an orga-
nischem Binder keinen Nachteil dar.

Der Porzellan-Zahn, auf den das verfestigende anorganische
15 Metallsalz abgeschieden wurde, wird bei Temperaturen von
380 °C oder höher hitzebehandelt. Bezüglich der Hitze-
behandlung wird die Wirkung mit steigender Temperatur grös-
ser, wenn die Temperatur tiefer liegt als der Schmelzpunkt
des verfestigenden anorganischen Metallsalzes. Wenn ande-
20 rerseits die Temperatur höher ist als die Verformungstemp-
eratur bzw. die Formänderungs- oder Dehnungstemperatur,
auch Strain-Temperatur genannt, des aus dem Dentalporzel-
lanmaterial gebrannten Porzellan-Zahnes, werden, obwohl
der Ionenaustausch bei der Wärmebehandlung erfolgt, keine
25 Druckspannungen auf der Oberfläche des Porzellan-Zahnes
erzeugt oder, selbst wenn sie erzeugt werden, sind sie,
da die verbleibenden Druckspannungen wieder ausgeglichen
werden, so schwach, daß keine gute Verfestigung erzielt
werden kann. Somit ist die Wärmebehandlungstemperatur
30 380 °C oder höher, jedoch geringer als der Schmelzpunkt
der verfestigenden anorganischen Metallsalze und die Ver-
formungstemperatur des Porzellan-Zahnes. Die Zeit der
Wärmebehandlung reicht im allgemeinen aus, wenn sie im
Bereich von 5 Minuten bis 60 Minuten liegt, jedoch ist
35 auch eine längere Zeit als 60 Minuten annehmbar. Es ist
keine besondere Vorrichtung erforderlich, die als Vor-
richtung für die Wärmebehandlung eingesetzt werden müßte,
sondern ein elektrischer Ofen, wie er üblicherweise vom

1 Zahntechniker benutzt wird, reicht aus.

Der so wärmebehandelte Porzellan-Zahn wird durch Abkühlen fertiggestellt und kann gewünschtenfalls mit Wasser oder
5 anderen Mitteln gewaschen werden. Auf diese Weise erhält man einen verfestigten Porzellan-Zahn gemäß dem Verfahren der Erfindung.

Das Verfahren der Erfindung ermöglicht es, einen Porzellan-Zahn gründlich zu verfestigen, indem man auf den Porzellan-Zahn ein verfestigendes anorganisches Metallsalz
10 abscheidet, das Rubidium, Cäsium oder Kalium enthält, und einen Schmelzpunkt von 380 °C oder höher hat, und indem man den Porzellan-Zahn bei Temperaturen von 380 °C oder
15 höher erhitzt, aber bei einer Temperatur die tiefer liegt als der Schmelzpunkt des verfestigenden anorganischen Metallsalzes oder der Salze, um hierdurch einen Ionenaustausch des verfestigenden anorganischen Metallsalzes mit dem Natriumion des Porzellan-Zahnes zu bewirken, wobei
20 das Metallsalz im nicht geschmolzenen Zustand abgeschieden wird. Auf diese Weise wird beim verfestigten Porzellan-Zahn auch das Auftreten von Abtropferscheinungen oder einer Bewegung des verfestigenden anorganischen Metallsalzes beim Schmelzen und Verflüssigen vermieden, und
25 selbst eine kleine Menge des verfestigenden anorganischen Metallsalzes trägt bei wirksamer Verwendung zum Ionenaustausch bei, wodurch das verfestigende anorganische Metallsalz mit guter Effizienz eingesetzt werden kann. Das Verfahren der Erfindung kann durch eine einfache Wärmebehandlung bewirkt werden, nachdem die Abscheidung durch Sprühen oder Beschichten erfolgt ist, ohne daß man eine besondere Vorrichtung benötigt, wodurch der Porzellan-Zahn verfestigt
30 wird, und gleichzeitig die durchscheinenden Eigenschaften und der Farbton wie bei einem Naturzahn aufrechterhalten bleiben.
35

Die folgenden Beispiele und Vergleichsbeispiele erläutern die Erfindung.

- 1 Das in den Beispielen verwendete Dentalporzellanmaterial hatte einen thermischen Ausdehnungskoeffizienten von $8 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ und eine Verformungstemperatur von 1000°C und hatte die folgende chemische Zusammensetzung:

5	SiO_2	72 Gewichtsprozent
	Al_2O_3	17 "
	K_2O	7 "
	Na_2O	3 "
10	andere	1 "

- Das Dentalporzellanmaterial wurde mit Wasser unter Bildung einer Aufschlammung gemischt. Die Aufschlammung wurde dann zur Formung in eine Form gefüllt und bei etwa 1270°C gebrannt, worauf die Korrektur der Gestalt erfolgte. Das erhaltene Material wurde weiter bei 1290°C zur Erzielung eines säulenförmigen gebrannten Materials mit einem Durchmesser von 8 mm und einer Dicke von 4 mm gebrannt, das durchscheinend war und einen Farbton hatte wie Naturzähne.
- 20 Das so erhaltene gebrannte Material wurde für die Beispiele und Vergleichsbeispiele verwendet.

Beispiele 1 bis 8

- 25 Auf das gebrannte Material wurde ein Suspensiongemisch von jedem der verschiedenen verfestigenden anorganischen Metallsalze, wie sie in der Tabelle I gezeigt sind, und einem pflanzlichen Öl aufgeschichtet und dann wurde vorerhitzt, um das Pflanzenöl zu verflüchtigen, wodurch das
- 30 verfestigende anorganische Metallsalz in einer Dicke von etwa 5 mm auf dem gebrannten Material abgeschieden wurde. Danach wurde die Hitzebehandlung unter den Bedingungen, wie in Tabelle I angegeben, durchgeführt und das überschüssige verfestigende anorganische Material wurde durch
- 35 Waschen mit Wasser entfernt. Man erhielt so ein verfestigtes gebranntes Produkt gemäß dem Verfahren der Erfindung.

- 1 An dem so erhaltenen verfestigten gebrannten Produkt wurde die Druckprüfung in der Weise wie nachstehend erläutert durchgeführt, um den Wert der diametralen Zugfestigkeit zu messen. Das säulenförmigen verfestigte gebrannte Pro-
5 dukt wurde in einen Druckprüfer eingesetzt und mit einer Geschwindigkeit von 1 mm/min in diametraler Richtung komprimiert, bis Bruch eintrat. Die beim Brechen angewandte Last wurde gemessen und die diametrale Zugfestigkeit (bzw. Druckfestigkeit) wurde nach folgender Gleichung berechnet:

10

$$\text{diametrale Zugfestigkeit} = 2P/(\pi \cdot d \cdot l)$$

- worin P die beim Bruch angelegte Last ist, d der Durchmesser des gebrannten Produktes, l die Dicke des gebrannten Produktes, und π die Kreiskonstante bedeutet.

15

- Die oben beschriebene Methode für die Messung der diametralen Zugfestigkeit ist eine Methode, die in weitem Umfang als Verfahren zur Messung der Festigkeit von spröden
20 Materialien benutzt wird, wie Glas, Keramik, Beton und dergleichen, die eine hohe Festigkeit gegen Druck, jedoch eine geringe Festigkeit gegen Zugkräfte haben.

- Die erhaltenen Ergebnisse sind in der Tabelle I gezeigt.
25 Die durchscheinenden Eigenschaften und der Farbton des gebrannten Produktes (vor der Verfestigungsbehandlung), die die eines Naturzahnes waren, wurden nach der Verfestigungsbehandlung beibehalten, wie sie vorher waren.

30 Vergleichsbeispiele 1 bis 3

- Das gleiche Prüfverfahren wie in Beispiel 1 bis 8 wurde angewandt mit der Ausnahme, daß das gebrannte Material ohne der Verfestigungsbehandlung unterzogen zu sein, so
35 wie es war (Vergleichsbeispiel 1), benutzt wurde oder gebrannte Produkte, die durch Wärmebehandlung unter Verwendung des gleichen verfestigenden anorganischen Metallsalzes, Kalium-tert.-phosphat, wie in Beispiel 4, 6, 7

- 1 und 8 unter den in Tabelle I gezeigten Bedingungen unter-
worfen wurden, die außerhalb des Bereiches der Erfindung
liegen (Vergleichsbeispiele 2 und 3). Auch hier wurde die
diametrale Zugfestigkeit gemessen. Die erhaltenen Ergeb-
5 nisse sind ebenfalls in der Tabelle I gezeigt.

Tabelle I

10	Beispiel oder Vergl. Bsp. Nr.	verfestigendes anorga- nisches Metallsalz	Wärmebehand- lung		diametrale Zugfestig- keit (kg/cm ²)
			Tempe- ratur (°C)	Zeit (min)	
	Bsp. 1	Rubidiumcarbonat	700	5	780
	" 2	Rubidiumsulfat	700	5	700
15	" 3	Cäsiumsulfat	700	5	600
	" 4	Kalium-tert.-phosphat	700	5	680
	" 5	Rubidiumsulfat (50 Gew.-%) + Cäsiumsul- fat (50 Gew.-%)	500	5	600
	" 6	Kalium-tert.-phosphat	400	10	630
20	" 7	Kalium-tert.-phosphat	500	10	660
	" 8	Kalium-tert.-phosphat	700	30	730
	Vergl. Bsp. 1	-	--	--	450
	" 2	Kalium-tert.-phosphat	300	10	530
25	" 3	Kalium-tert.-phosphat	1100	5	550

- Aus der Tabelle I ist ersichtlich, daß die diametral Zug-
festigkeit der gebrannten Produkte, die nach dem Verfahren
30 der Erfindung verfestigt waren, hochgradig auf 600 bis 780
kg/cm² verbessert war im Vergleich mit dem Wert 450 kg/cm²
des gebrannten Materials vor der Behandlung. Eine solche
Wirkung kann nicht nur durch die Verwendung eines einzigen
verfestigenden anorganischen Metallsalzes erzielt werden,
35 sondern auch durch die kombinierte Verwendung von zwei oder
mehr davon, wie in Beispiel 5. Was weiterhin die Behand-
lungszeit betrifft, so ist die Wirkung in Beispiel 8
(Behandlungszeit 30 Minuten) größer als im Beispiel 4

1 (Behandlungszeit 5 Minuten), und wenn man die Beispiele 6,
7 und 4 vergleicht und die obige Tatsache berücksichtigt,
ist verständlich, daß die Wirkung mit steigender Tempera-
5 tur größer wird, wenn sie in dem in der Erfindung definier-
ten Bereich liegt. Wie überdies aus dem Vergleich zwischen
Beispiel 4 und 6 bis 8 und dem Vergleichsbeispiel 1 und
Vergleichsbeispielen 2 und 3 hervorgeht, wird in dem Fall,
wo die Wärmebehandlungstemperatur höher als 1000 °C liegt,
was die Verformungstemperatur des Porzellan-Zahnes ist
10 (das heißt, des Dentalporzellanmaterials) oder tiefer als
380 °C, keine deutliche Verfestigung oder Verbesserung
der Festigkeit des erhaltenen Porzellan-Zahnes erzielt
werden im Vergleich mit der des Porzellan-Zahnes der
nicht der Verfestigungsbehandlung unterworfen wurde.
15 Somit ist verständlich, daß zur gründlichen Verfestigung
des Porzellan-Zahnes die Wärmebehandlungstemperatur 380 °C
oder höher sein muß, jedoch geringer als die Verformungs-
temperatur des Porzellan-Zahnes. Bei der Durchführung
der Beispiele wurde ein elektrischer Ofen für zahntech-
20 nische Zwecke verwendet, ohne daß die Verwendung einer
besonderen Vorrichtung erforderlich gewesen wäre.

Das Verfahren der Erfindung bewirkt die deutliche und in
leichter Weise durchführbare Verfestigung eines Porzellan-
25 Zahnes, während sowohl die durchscheinenden Eigenschaften
als auch der Farbton wie bei einem natürlichen Zahn auf-
rechterhalten bleiben, indem ein verfestigendes anorgani-
sches Metallsalz, das einen Schmelzpunkt von 380 °C oder
höher hat und auf dem Porzellan-Zahn abgeschieden ist,
30 dem Ionenaustausch mit dem Zahn im nicht geschmolzenen
Zustand unterzogen wird, ohne daß eine besondere Vorrich-
tung verwendet würde. Demgemäß kann die Erfindung bei
der Dentalbehandlung sehr nützlich sein.